



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Pat ntschrift  
10 DE 199 35 513 C 1

51 Int. Cl. 7:  
G 21 K 1/06  
B 81 C 3/00  
G 02 B 1/02  
// G 01 N 23/223

21 Aktenzeichen: 199 35 513.4-33  
22 Anmeldetag: 28. 7. 1999  
43 Offenlegungstag: -  
45 Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 26. 7. 2001

DE 199 35 513 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

73 Patentinhaber:  
GKSS-Forschungszentrum Geesthacht GmbH,  
21502 Geesthacht, DE

74 Vertreter:  
Niedmers & Seemann, 22767 Hamburg

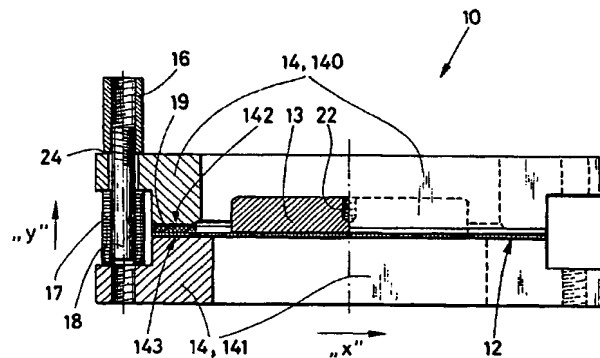
72 Erfinder:  
Domann, Hannes, 21502 Geesthacht, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 42 07 009 A1  
US 57 57 883  
EP 05 67 022 A1  
EP 02 00 261 A2

54 Vorrichtung zur Herstellung von Spiegelementen

57 Es wird eine Vorrichtung (10) zur Herstellung eines von  
aus wenigstens einem mit einer Multilayerschicht (11) be-  
schichteten oder zu beschichtenden, gegebenenfalls we-  
nigstens 2-dimensional gekrümmten Halbleitersubstrat  
(12) und einem damit zu verbindenden formstabilen Tra-  
gekörper (13) bestehenden Spiegelementes (23), insbe-  
sondere zur Spiegelung von Röntgenstrahlen, vorge-  
schlagen. Die Vorrichtung (10) ist gekennzeichnet durch  
zwei Formhälften (140, 141), die eine Form (14) bilden. Die  
eine Formhälfte (140) ist als Negativform und die andere  
Formhälfte (141) ist als entsprechende Positivform ent-  
sprechend der gewünschten Formgebung des Halbleiter-  
substrats (12) ausgebildet. Eine Formhälfte (140, 141)  
weist eine Öffnung (15) für das Aufbringen des Tragekör-  
pers (13) auf das zwischen beiden Formhälften (140, 141)  
positionierbaren Halbleitersubstrats (12) auf.



DE 199 35 513 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft eine Vorrichtung zur Herstellung von aus wenigstens einem mit einer Multilayerschicht beschichteten oder zu beschichtenden, gegebenenfalls wenigstens 2-dimensional gekrümmten, Halbleitersubstrat und einem damit zu verbindenden formstabilen Tragekörper bestehendes Spiegelement, insbesondere zur Spiegelung von Röntgenstrahlen.

Ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Herstellung eines Halbleitersubstrats und einem damit zu verbindenden formstabilen Tragekörper bestehendes Spiegelement ist bekannt (US-PS 5 757 883). Hier wird ein Körper für ein röntgenoptisches Element aus einem "Memory"-Werkzeug hergestellt, wobei der "Memory"-Werkstoff zunächst eine vorgegebene Übergangstemperatur aufweist. In mehreren Schritten wird die gewünschte Form des Körpers bei Temperaturen oberhalb, unterhalb und wieder oberhalb der Übergangstemperatur behandelt, um diesen auf die endgültige Form zu bringen.

Im Bereich der Röntgen- bzw. Röntgenfluoreszenzanalytik aber auch im Bereich der Analytik mit Elektronen werden bekannterweise zur Ablenkung, zur Monochromatisierung, zur Filterung aber auch zur Kollimation der verwendeten Strahlen sogenannte Multilayerspiegel eingesetzt, die aus einer Mehrzahl von Schichten unterschiedlicher Elemente bzw. Verbindungen bestehen und die die Eigenschaft haben, die darauf gerichteten Strahlen auf vorbeschriebene Weise zu beeinflussen. Multilayerspiegel sind in bezug auf ihren Aufbau und ihre Funktion bekannt, so daß ein weiteres Eingehen darauf hier nicht erforderlich ist. Die gattungsgemäßen Spiegelemente, in der Fachwelt auch etwas unscharf Spiegelsubstrate genannt, müssen die auf einem Halbleitersubstrat aufgebraachte Multilayerschicht mit hoher Präzision formstabil aufnehmen können, damit die Multilayerschicht ihre bestimmungsgemäße Funktion präzise erfüllen kann. Multilayerschichten können plan- aber auch wenigstens 2-dimensional gekrümmt sein, um beispielsweise auch fokussierende Eigenschaften neben ihren Spiegeleigenschaften zu erreichen.

Ein besonderes Problem bei der Herstellung der Spiegelemente besteht darin, daß das entweder planzuhaltende oder entsprechend der gewünschten Vorgabe gekrümmte Halbleitersubstrat in dem jeweils gewünschten Zustand im Zuge der Herstellung des Spiegelementes gehalten wird, so daß es mit einem formstabilen Tragekörper derart verbunden werden kann, daß es danach seine durch die Formgebung gewünschte Form uneingeschränkt weiterbehält.

Es hat in der Fachwelt die verschiedensten Versuche gegeben, Spiegelemente für die eingangs genannten Zwecke entweder durch optische Feinstbearbeitung der Oberfläche eines geeigneten Werkstoffs, beispielsweise aus Silizium, Quarzglas oder Zerodur mit oder ohne nachfolgendem Ionenstrahlätzen, aus monolithischem Substrat herzustellen oder durch Biegen eines dünnen Plansubstrats in das gewünschte Profil und die Fixierung durch Aufkleben eines stabilen Tragekörpers, in der Fachwelt auch etwas unscharf Spiegerrücken genannt, herzustellen. Diese bekannte Klebtechnik wird beispielsweise bei sogenannten "Klebesubstraten" angewendet, bei der ein konfektioniertes Plättchen aus beispielsweise einem Silizium-Wafer, das durch Ritzen oder Sägen gewonnen wird, auf eine geeignete größere Glasplatte "aufgesprengt" wird und diese Glasplatte dann nachfolgend in einer Biegeapparatur in das gewünschte Profil gebracht wird. Der aufgesprengte Silizium-Wafer folgt dabei der Krümmung der Glasplatte. Ein metallisches, planes Spiegelement (Spiegerrücken) wird mit dem Wafer-Rücken verklebt. Nach dem Aushärten des Klebers füllt dieser den

Spalt zwischen dem Spiegelement und dem Silizium-Wafer voll aus und hält den Wafer in der Position, den er auf der Glasplatte eingenommen hatte, auch wenn er von dieser nach der Entnahme aus der Biegevorrichtung getrennt wird.

Die derart gewonnenen Spiegelemente zeigten große Abweichungen längs der Spiegelachse bei beispielsweise einer vorgegebenen Parabelform, die das Halbleitersubstrat aufweisen sollte, auf dem die Multilayerschicht aufgebracht war oder auf die die Multilayerschicht noch aufzubringen war. Als typischer Bereich von Tangentenfehlern längs der Spiegelachse ergaben sich bei 15 ausgemessenen Spiegeln ein RMS-Wert zwischen 20 und 80 Winkelsekunden. Ein kleiner Wert von 20 Winkelsekunden wurde dabei nur einmal erreicht und konnte nicht reproduziert werden.

Ein weiterer Nachteil beispielsweise der obigen monolithischen Substrate, die nur durch sehr aufwendige optische Feinstbearbeitung hergestellt werden können, ist, daß diese, bedingt durch den sehr aufwendigen Herstellungsprozeß, sehr hohe Kosten zur Folge haben, wobei die beispielhaft bezüglich ihrer Herstellung erwähnten, durch die Klebtechnik hergestellten Spiegelemente durch Biegen einer Glasscheibe mit "aufgesprengtem" Silizium-Wafer gewonnen werden, stark schwankende Nutzprofile zeigen. Die Ermittlung der Planität der verwendeten Glasscheiben brachte den Hinweis auf Restwelligkeiten der feuerpolierten Oberflächen im Bereich von 1 bis 5  $\mu$  und Dickenschwankungen im gleichen Bereich. Da sich diese Abweichungen kumulativ auf das Nutzprofil des Wafers auswirken können, kann nach diesem bekannten Verfahren nur gearbeitet werden, wenn Glasscheiben hoher Präzision, d. h. optisch bearbeitete Scheiben, eingesetzt werden. Solche Scheiben sind extrem teuer. Beim Aufsprengen des Wafers auf solche Scheiben und beim Abnehmen des geklebten Spiegelementes besteht ferner die Gefahr des Verkratzens der Glasplatte, was häufiges Auswechseln der Platte erforderlich macht.

Schließlich stellt der Vorgang des korrekten "Aufsprengens" des Silizium-Wafers auf eine Glasplatte an die ausführende Person ein hohes Maß an Geschicklichkeit und setzt eine große Erfahrung voraus, wobei dennoch häufige Fehlversuche an der Tagesordnung sind. Schließlich sind die Haltekräfte zwischen dem Silizium-Wafer und der Glasplatte begrenzt, so daß sich starke Krümmungen eines Spiegels nur schwer realisieren lassen.

Es ist somit Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Vorrichtung der eingangs genannten Art zu schaffen, mit der die Herstellung von Spiegelementen mit planen oder beliebig gekrümmten Flächen eines Halbleitersubstrats möglich ist, auf die eine Multilayerschicht aufgebracht werden kann oder auf der schon bei der Herstellung eine Multilayerschicht aufgebracht ist, wobei die Vorrichtung eine hochpräzise, fortwährend reproduzierbare Herstellung von Spiegelementen mit geringsten Abweichungen von der vorgegebenen Form ermöglichen soll, und wobei die Vorrichtung an sich einfach und kostengünstig hergestellt und bereitgestellt werden kann und somit auch die damit herzustellenden Produkte leicht und kostengünstig her- und bereitstellbar sein sollen.

Die Aufgabe wird erfindungsgemäß durch eine aus zwei Formhälften bestehende Form gelöst, wobei die eine Formhälfte als Negativform und die andere Formhälfte als entsprechende Positivform entsprechend der gewünschten Formgebung des Halbleitersubstrats ausgebildet sind und wobei eine Formhälfte eine Öffnung für das Aufbringen des Tragekörpers des zwischen beiden Formhälften positionierbaren Halbleitersubstrats aufweist.

Der Vorteil der erfindungsgemäßen Lösung besteht im wesentlichen darin, daß während des Aufbringensvorganges, d. h. während der Klebung des Tragekörpers auf das

zwischen den beiden Formhälften eingespannte Halbleitersubstrat keine Änderung der Form insgesamt auch im  $\mu$ -Meterbereich möglich ist, d. h. der Tragekörper kann bis zur endgültigen Aushärtung des Klebmittels zwischen Halbleitersubstrat und Tragekörper in dieser Position belassen werden, da nach der endgültigen Aushärtung des Klebe- bzw. Verbindungsmittels die mit der Öffnung versehene eine Formhälfte über den Tragekörper herübergezogen und entfernt werden kann, ohne daß irgendwelche Schneide-, Biege- oder sonstige mechanischen Maßnahmen getroffen werden müssen. Ein weiterer Vorteil ist, daß der Vorgang des Biegens des Halbleitersubstrats in seine gewünschte Form durch definiertes Anpressen der gegebenenfalls feingeläpten Halbleiteroberfläche direkt gegen die speziell ausgebildete Oberfläche der Positivform realisiert wird. Dabei wird die erforderliche Anpreßkraft durch das aufgrund der Öffnung in der einen Formhälfte gebildete Rahmenfeld der Negativform auf den Rücken des Halbleitersubstrats übertragen.

Das erfindungsgemäße Prinzip aus zwei Formhälften mit einer Öffnung wenigstens entsprechend der Dimension des Tragekörpers ist verhältnismäßig einfach zu realisieren, so daß die Vorrichtung als solche an sich kostengünstig herstellbar ist.

Prinzipiell ist es möglich, die Formhälften beim Formgebungsprozeß des Halbleitersubstrats und beim Vorgang des Klebens des formstabilen Tragekörpers auf das Halbleitersubstrat auf beliebige Weise verbunden zu halten. Vorteilhaft ist es jedoch, die Formhälften über lösbare Verbindungsmittel miteinander zu verbinden, die beispielsweise Teil der Formhälften bzw. der Form insgesamt sein können. So ist es beispielsweise möglich, dafür von außen aufbringbare Klemmen und dergleichen vorzusehen, die nach Abschluß des Formgebungs- und Klebevorganges wieder gelöst werden können, so daß die Formhälften getrennt und das nahezu fertige Spiegelement daraus entnommen werden kann.

Um eine bestimmte, in Abhängigkeit des verwendeten Halbleitersubstrats und gegebenenfalls in Abhängigkeit der vorgesehenen Formgebung bzw. Krümmung des Halbleitersubstrats optimale Kraft auf die Formhälften auszuüben, ist es vorteilhaft, die Verbindungskraft, mit der die Formhälften aufeinanderpreßbar sind, einstellbar auszubilden. Dieses kann beispielsweise mittels geeignet positionierbarer Kraftmeßeinrichtungen geschehen, die beim Aufeinander- bzw. Auseinanderpressen der beiden Formhälften unter Einschluß des Halbleitersubstrats den dabei aufgebrachten Preßdruck ermitteln und anzeigen, so daß eine individuelle Einstellung des Preßdrucks mit hoher Genauigkeit möglich ist. Darüber hinaus ist es möglich, bei einer einfacheren vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung anstelle von gesonderten Kraftmeßeinrichtungen die Verbindungskraft über zwischen beiden Formhälften angeordnete Tellerfedern einstellbar auszubilden. Dabei bestimmt die jeweilige Menge der verwendeten Tellerfedern die aufzubringende bzw. aufgebrachte Kraft während der Aufeinanderpressung der beiden Formhälften.

Um die beiden Formhälften präzise zueinander aufeinanderpreßbar auszugestalten, ist es vorteilhaft, die Formhälften über eine Mehrzahl stiftartig ausgebildeter Verbindungselemente zu verbinden, die gewissermaßen auch als Führung der einen Formhälfte gegenüber der anderen Formhälfte dienen, so daß auf hochpräzise Weise die Formen während reproduzierbar aufeinandergepreßt werden können.

Um auch die Rückseite des Halbleitersubstrats, auf der der Tragekörper klebend aufgebracht werden soll, vor Beschädigungen zu bewahren und einen gleichmäßigen An-

preßdruck zu gewährleisten, ist vorteilhafterweise die Formhälfte, in der die Öffnung ausgebildet ist, bei ihrer im zusammenwirkenden Zustand zur anderen Formhälfte gerichteten Seite mit einem Zwischenteil aus elastomerem Werkstoff versehen, beispielsweise in Form von Weichgummi oder weichelastischem Kunststoff.

Um zu verhindern, daß das Klebe- bzw. Verbindungsmittel, mit dem der Tragekörper auf dem Halbleitersubstrat befestigt werden soll, wenn dieses zwischen den beiden Formhälften auf vorbestimmte Weise eingespannt ist, in den Bereich der Formhälften und des Halbleitersubstrats hineinläuft bzw. fließt und diese verklebt, ist bei einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Vorrichtung die Formhälfte, in der die Öffnung ausgebildet ist, an ihrer im zusammenwirkenden Zustand zur anderen Formhälfte gerichteten Seite mit einer um die Öffnung herumlaufenden Fase versehen, die zudem in Abhängigkeit des zu verwendenden Verbindungs- bzw. Klebmittels auch unterschiedlich groß ausgestaltet sein kann.

Um den Verformungsgrad bzw. die Präzision der Verformung des Halbleitersubstrats bei zwischen den beiden Formhälften der Form eingespannten Zustand überprüfen zu können, weist vorteilhafterweise die Formhälfte, in der die Öffnung ausgebildet ist, wenigstens eine Meßöffnung auf, über die Kontrollmessungen möglich sind.

Die Form bzw. die Formhälften können grundsätzlich aus beliebigem geeigneten Werkstoff bestehen, beispielsweise vorteilhafterweise aus metallischem Werkstoff, da dieser sich mit hoher Präzision unter Beibehaltung hoher Formstabilität mechanisch und auch mittels der verschiedenen Elektroerosionsverfahren bearbeiten läßt. Vorzugsweise ist der metallische Werkstoff Stahl, beispielsweise verzugsarmer Werkzeugstahl.

Die Erfindung wird nun unter Bezugnahme auf die nachfolgenden schematischen Zeichnungen anhand eines Ausführungsbeispiels im einzelnen beschrieben. Darin zeigen:

**Fig. 1** in der Seitenansicht im Schnitt längs der Linie A-B von **Fig. 2** eine Form gemäß der Erfindung mit zwischen zwei Formhälften eingeschlossenem Halbleitersubstrat und einem mit diesem zu verbindenden formstabilen Tragekörper,

**Fig. 2** eine Darstellung gemäß **Fig. 1** in der Draufsicht, **Fig. 3** einen Schnitt durch ein mit der Vorrichtung hergestelltes Spiegelement mit einem typischen Aufbau nach Entnahme aus der Vorrichtung und entsprechender äußeren Bearbeitung und

**Fig. 4** ein gemessenes Diagramm zur Darstellung der Winkelfehler von Spiegelementen nach der im Stand der Technik bekannten "Aufsprengmethode" und nach der mittels der erfindungsgemäßen Vorrichtung durchführbaren Methode.

Zunächst wird Bezug genommen auf die Darstellung gemäß **Fig. 3**. **Fig. 3** zeigt im Längsschnitt ein mit der Vorrichtung **10** hergestelltes bzw. herstellbares Spiegelement (Spiegelsubstrat) **23**. Das Spiegelement **23** wird aus einem formstabilen Tragekörper **13** gebildet, der beispielsweise aus Titan oder einem anderen geeigneten Werkstoff besteht. Das Halbleitersubstrat **12**, bei der Darstellung gemäß **Fig. 3** gebogen, bildet das Substrat für eine darauf aufzubringende bzw. aufgebrachte Multilayerschicht **11**. Es sei darauf hingewiesen, daß mit der Vorrichtung **10** sowohl Halbleitersubstrate **12** mit dem Tragekörper **13** verbunden werden können, die schon mit einer Multilayerschicht **11** beschichtet sind und auch solche, bei denen die Multilayerschicht **11** erst nach Herstellung des Spiegelementes **23** aufgebracht wird.

Die Aufbringung der Multilayerschicht **11** erfolgt mittels bekannter PVD-Verfahren (Physical Vapor Deposition) und/

oder bekannter CVD-Verfahren (Chemical Vapor Deposition) und deren Abwandlungen. Die Art der Aufbringung der Multilayerschicht 11 auf dem Halbleitersubstrat 12, das beispielsweise durch einen Silizium-Wafer gebildet sein kann, ist in der Fachwelt allgemein bekannt und wird hier nicht weiter erläutert.

Zwischen dem Halbleitersubstrat 12 und dem Tragekörper 13 ist eine Klebe- bzw. Verbindungsmittelschicht 22 vorgesehen, die eine hinreichend feste und formstabile Verbindung zwischen dem Halbleitersubstrat 12 und dem Tragekörper 13 gewährleistet. Nach der Entnahme des Spiegelementes 23 aus der Biegeform kann, soweit auf dem verwendeten Halbleitersubstrat 12 schon eine Multilayerschicht 11 aufgebracht ist, die Multilayerschicht 11 mit einer Schutzfolie oder einem Schutzlack versehen sein, die bzw. der nach der endgültigen Fertigstellung des Spiegelementes 23 entfernt werden kann.

Es wird dann zunächst Bezug genommen auf die Fig. 1 und 2, die die Vorrichtung 10 zur Herstellung des Spiegelementes 23 darstellen. Die Vorrichtung 10 umfaßt im wesentlichen eine Form 14, die aus zwei Formhälften 140, 141 besteht. Die Formhälften 140, 141 sind als Negativform bzw. Positivform entsprechend der gewünschten Formgebung des Halbleitersubstrats 12 ausgebildet bzw. geformt, d. h. bei planem Spiegelement 23 mit planer Multilayerschicht sind die einander gegenüberliegenden Innenseiten 142, 143 der beiden Formhälften 140, 141 plan ausgebildet, bei entsprechender Krümmung des Spiegelementes 23, wenn dieses beispielsweise fokussierende Eigenschaften aufweisen soll, sind diese Innenseiten 142, 143 wenigstens 2-dimensional gekrümmt. Die Darstellung gemäß Fig. 1 zeigt, allerdings nur beispielhaft, ein plan ausgebildetes Spiegelement 23.

Die beiden Formhälften 140, 141 sind über lösbare Verbindungsmittel 16, beispielsweise in Form von Rändelmuttern, miteinander verbindbar, die mit hier beispielhaft an jeweils vier Außenflächenbereichen der Formhälften 141, 142 angeordneten stiftartig ausgebildeten Verbindungselementen 18 zusammenwirken. Die stiftartig ausgebildeten Verbindungselemente 18, die beide Formhälften 140, 141 verbinden, weisen hier beispielhaft vorgesehene Tellerfedern 17 bzw. Pakete von Tellerfedern 17 auf. Dadurch kann auf einfache Weise ein gewünschter Anpreßdruck zwischen beiden Formhälften 141, 142 eingestellt und auf einfache Weise überprüft werden. Es ist auch möglich, hier im einzelnen nicht gesondert dargestellte Kraftmeßeinrichtungen 24 beispielsweise im Bereich zwischen den Verbindungsmitteln 16 und jeweils einer Formhälfte 140; 141 vorzusehen, so daß auch auf diese Weise die aufeinanderzu wirkende Druckkraft, mit der die beiden Formhälften 140, 141 während des Herstellungsvorganges des Spiegelementes 23 aufeinandergedrückt werden, gemessen bzw. eingestellt werden kann.

Wenigstens die Oberfläche bzw. Innenseite 143 der zweiten Formhälfte 141, in der Zeichnung gemäß Fig. 1 die untere Formhälfte 141, ist z. B. mittels bekannter Erodierverfahren, ob nun plan, gebogen oder sphärisch ausgeformt, hergestellt, womit eine Herstellungsgenauigkeit im Bereich von  $10^{-3}$  mm erreicht wird. Vor der Anwendung des Erodierverfahrens werden die Formhälften zunächst mittels geeigneter bekannter spanabhebender mechanischer Bearbeitung in ihre Grundform gebracht. Die Oberfläche der Formhälfte 140, die beispielsweise die Positivform bildet, wird nach ihrer Formgebung durch ein weiteres geeignetes Bearbeitungsverfahren derart präpariert, daß der Höhenfehler der Form unter  $0,5 \mu\text{m}$  sinkt und die Oberflächentopographie, die nach dem Erodieren aus einer flächigen Aneinanderreihung von Mikrokratern besteht, weitgehend erhalten bleibt.

Es sei noch darauf hingewiesen, daß die hier beispielhaft mit der in der Zeichnung oberen ersten Formhälfte 140 verbundenen bzw. angreifenden Verbindungsmittel 16 ebenfalls natürlich auch entsprechend an der zweiten unteren Formhälfte 141 angebracht sein können, wobei dementsprechend die stiftförmigen Verbindungselemente 18 an der ersten oberen Formhälfte 140 angebracht sein können, d. h. in dort entsprechend ausgebildete Gewindeöffnungen eingreifen können.

Unter Bezugnahme auf Fig. 2 ist ersichtlich, daß die erste obere Formhälfte 140 eine Öffnung aufweist, die hier im wesentlichen rechteckig ausgebildet ist. Eine derartige rechteckige Formgebung der Öffnung 15 ist nicht zwingend erforderlich, d. h. sie kann auch entsprechend einer anderen Querschnittsform des Tragekörpers 13 ausgebildet sein.

Die Öffnung 15 ist jedenfalls derart bemessen, daß durch diese, d. h. durch die erste obere Formhälfte 140 hindurch der Tragekörper 13 auf das zwischen den beiden Formhälften 140, 141 eingespannte Halbleitersubstrat 12 aufgelegt werden kann. Die Formhälfte 140, in der die Öffnung 15 ausgebildet ist, ist an ihrer im zusammenwirkenden Zustand zur anderen Formhälfte 141 gerichteten Seite 142 mit einem Zwischenteil 19 aus elastomerem Werkstoff versehen. Die Formhälfte 140; 141, in der die Öffnung 15 ausgebildet ist, kann wenigstens eine Meßöffnung 21 aufweisen, mit der das Halbleitersubstrat 12 vermessen werden kann.

Die Herstellung eines Spiegelementes 23 mittels der Vorrichtung 10 geschieht auf folgende Weise. Zunächst wird beispielsweise von einem Silizium-Wafer ein in seinen Größenordnungen in die Vorrichtung 10 passendes Waferstück, das eigentliche Halbleitersubstrat, beispielsweise durch Ritzen und Brechen, beispielsweise in der Größenordnung von  $45 \times 80$  oder  $45 \times 100$  mm, hergestellt. Danach wird das Halbleitersubstrat 12 gründlich mit einem gasförmigen Medium abgeblasen und anschließend in einer Reinigungsflüssigkeit, beispielsweise Aceton oder Äthanol, gereinigt.

Die Vorrichtung 10 ist vorzugsweise in einem Reinraum positioniert, beispielsweise in einer sogenannten "Laminarflowbox".

Das Halbleitersubstrat 12 wird in geeignetem Licht, das beispielsweise mittels einer Spezialwaferlampe oder aus streifendem Weißlicht erzeugt wird, auf Reinheit- und Oberflächenbeschaffenheit untersucht. Falls erforderlich, wird das Halbleitersubstrat 12 noch einmal mit einer Reinigungsflüssigkeit begossen und mechanisch durch ein weiches Tuch abgewischt. Nachfolgend wird die Oberfläche des Halbleitersubstrats 12 mit sauberem, trockenem Stickstoff abgeblasen. Dann wird das Halbleitersubstrat 12 mit einer gegebenenfalls geläpften Seite nach oben – bei Betrachtung der Darstellung von Fig. 1 – in die zunächst getrennte Form 14, d. h. auf die Innenseite 143 der zweiten Formhälfte 141 gelegt. Das Halbleitersubstrat 12 wird derart bemessen, daß es in "X"-Richtung in etwa mit der Fläche der Innenseite 143 der zweiten Formhälfte 141 abschließt, wohingegen es in "Z"-Richtung ca. 2 bis 3 mm übersteht. Das Halbleitersubstrat 12 wird ausschließlich an den vorbeschriebenen 2 bis 3 mm großen Überständen gehandhabt, um Verunreinigungen auf alle Fälle zu vermeiden.

Nachfolgend wird die erste obere Formhälfte 140 über die stiftförmigen Verbindungselemente 18 geführt und kommt dann durch die in diesem Zustand noch entlasteten Pakete aus Tellerfedern 17 ca. 2 bis 3 mm über der Oberfläche des Halbleitersubstrats zu liegen. Während das Halbleitersubstrat 12 mit einer Hand an den besagten Überständen festgehalten wird, wird der Spalt zwischen Halbleitersubstrat 12 und erster oberer Formhälfte 140 nochmals mit Stickstoff beaufschlagt. Nachfolgend wird die obere Formhälfte 140 auf die Oberfläche des Halbleitersubstrats 12 gedrückt und

die schraubenförmigen Verbindungsmittel **16** werden angezogen.

Dabei ist sicherzustellen, daß die Verbindungsmittel **16** gleichmäßig angezogen werden.

Nachfolgend wird ein geeignetes Klebe- bzw. Verbindungsmittel **22** auf den Tragekörper **13** gegeben, wobei dieser vorzugsweise an der vorzusehenden Klebefläche aufgeraut und gesäubert wird.

Der mit Klebe- bzw. Verbindungsmittel **22** versehene Tragekörper wird dann in die Öffnung **15** eingeführt und mit der freiliegenden Seite bzw. dem freiliegenden Ausschnitt des Halbleitersubstrats **12** in Kontakt gebracht. Dabei ist derart zu verfahren, daß keine Luft im Klebe- bzw. Verbindungsmittel eingeschlossen wird. Der Tragekörper **13** wird in die gewünschte "X"-Position gebracht und dort durch hier nicht dargestellte Paßstücke fixiert. Nach Erreichen der Endfestigkeit des Klebstoffes kann das "rohe" Spiegelement **23** aus der Vorrichtung **10** entnommen werden. Nach der Entnahme des "rohen" Spiegelementes durch entsprechende Trennung der ersten von der zweiten Formhälfte **140, 141** durch entsprechendes Lösen der Verbindungsmittel können die überstehenden Abschnitte des Halbleitersubstrats **12** entfernt werden, beispielsweise durch Ritzen oder Brechen. Anschließend erfolgt die Vermessung des Spiegelementes **23**.

Liegt ein brauchbares Spiegelement **23** vor, so erfolgt die mechanische Endbearbeitung. Diese kann durch Besäumen mit einem Abrasivwasserstrahl erfolgen und anschließender Facettierung mittels geeigneter Diamantwerkzeuge. Während des Herstellungsvorganges des Spiegelementes **23** mit der Vorrichtung **10** kann das Halbleitersubstrat **12** an seiner mit der Multilayerschicht **11** versehenen Seite, d. h. an der, an der sich eigentlich die Multilayerschicht **11** befindet, oder, falls eine Multilayerschicht **11** noch nicht aufgebracht worden war, auf der die Multilayerschicht **11** aufgebracht werden soll, mit einer Folie und/oder einem Schutzlack versehen sein, die bzw. der nach endgültiger Fertigstellung des Spiegelementes **23** entfernt wird.

#### Bezugszeichenliste

<b>10</b> Vorrichtung	
<b>11</b> Multilayerschicht	
<b>12</b> Halbleitersubstrat	
<b>13</b> Tragekörper	
<b>14</b> Form	
<b>140</b> erste (obere) Formhälfte	
<b>141</b> zweite (untere) Formhälfte	
<b>142</b> Innenseite erste Formhälfte	
<b>143</b> Innenseite zweite Formhälfte	
<b>144</b> Rahmen	
<b>15</b> Öffnung	
<b>16</b> Verbindungsmittel	
<b>17</b> Tellerfeder	
<b>18</b> Verbindungselement	
<b>19</b> Zwischenteil	
<b>20</b> Fase	
<b>21</b> Meßöffnung	
<b>22</b> Klebe- bzw. Verbindungsmittel	
<b>23</b> Spiegelement (Spiegelsubstrat)	
<b>24</b> Kraftmeßeinrichtung	

#### Patentansprüche

1. Vorrichtung zur Herstellung von einem, aus wenigstens einem mit einer Multilayerschicht beschichteten oder zu beschichtenden, gegebenenfalls wenigstens 2-dimensional gekrümmten Halbleitersubstrat und einem

damit zu verbindenden formstabilen Tragekörper bestehenden Spiegelement, insbesondere zur Spiegelung von Röntgenstrahlen, gekennzeichnet durch eine aus zwei Formhälften (**140, 141**) bestehende Form (**14**), wobei die eine Formhälfte (**140**) als Negativform und die andere Formhälfte (**141**) als entsprechende Positivform entsprechend der gewünschten Formgebung des Halbleitersubstrats (**12**) ausgebildet sind und wobei eine Formhälfte (**140; 141**) eine Öffnung (**15**) für das Aufbringen des Tragekörpers (**13**) des zwischen beiden Formhälften (**140; 141**) positionierbaren Halbleitersubstrats (**12**) aufweist.

2. Vorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Formhälften (**140; 141**) über lösbare Verbindungsmittel (**16**) verbindbar sind.

3. Vorrichtung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungskraft, mit der die Formhälften (**140, 141**) aufeinanderpreßbar sind, einstellbar ist.

4. Vorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Verbindungskraft über zwischen beiden Formhälften (**140, 141**) angeordnete Tellerfedern (**17**) einstellbar ist.

5. Vorrichtung nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Formhälften (**140, 141**) über eine Mehrzahl der stiftartig ausgebildeten Verbindungselemente (**18**) verbindbar sind.

6. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß eine Formhälfte (**140; 141**), in der die Öffnung (**15**) ausgebildet ist, an ihrer im zusammenwirkenden Zustand zur anderen Formhälfte (**140; 141**) gerichteten Seite (**142; 143**) mit einem Zwischenteil (**19**) aus elastomerem Werkstoff versehen ist.

7. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Formhälfte (**140; 141**), in der die Öffnung (**15**) ausgebildet ist, an ihren im zusammenwirkenden Zustand zur anderen Formhälfte (**140; 141**) gerichteten Seite (**142**) mit einer um die Öffnung umlaufenden Fase (**20**) versehen ist.

8. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die Formhälfte (**140; 141**), in der die Öffnung (**15**) ausgebildet ist, wenigstens eine Meßöffnung (**21**) aufweist.

9. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Innenseite (**143**) der zweiten Formhälfte (**141**) mit einer mikrokra-terförmigen Feinstruktur versehen ist.

10. Vorrichtung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens die Formhälften (**140; 141**) aus metallischem Werkstoff bestehen.

11. Vorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der Werkstoff Stahl ist.

12. Vorrichtung nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Stahl verzugsarmer Stahl ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

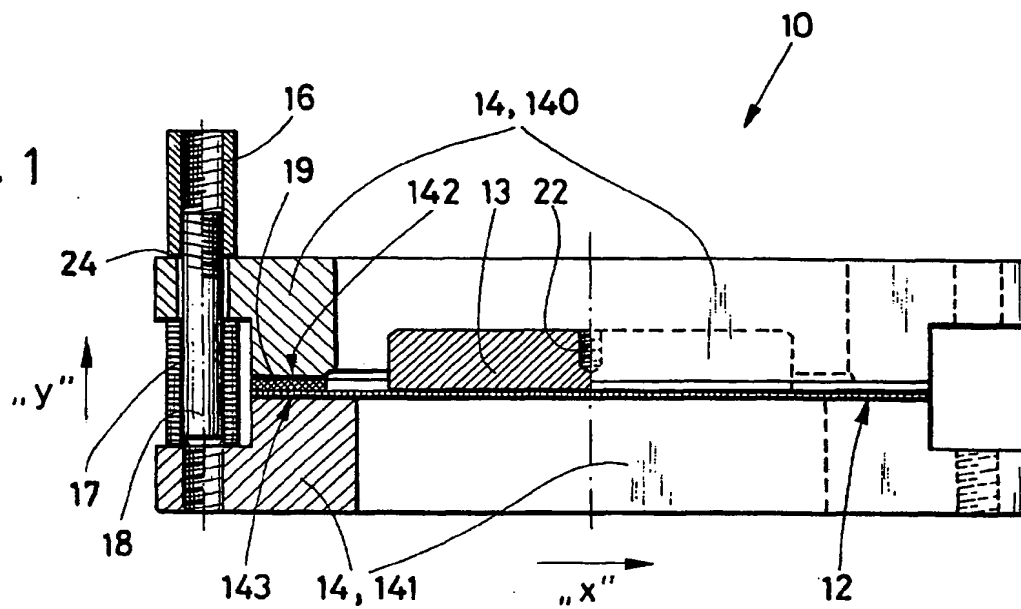


Fig. 2

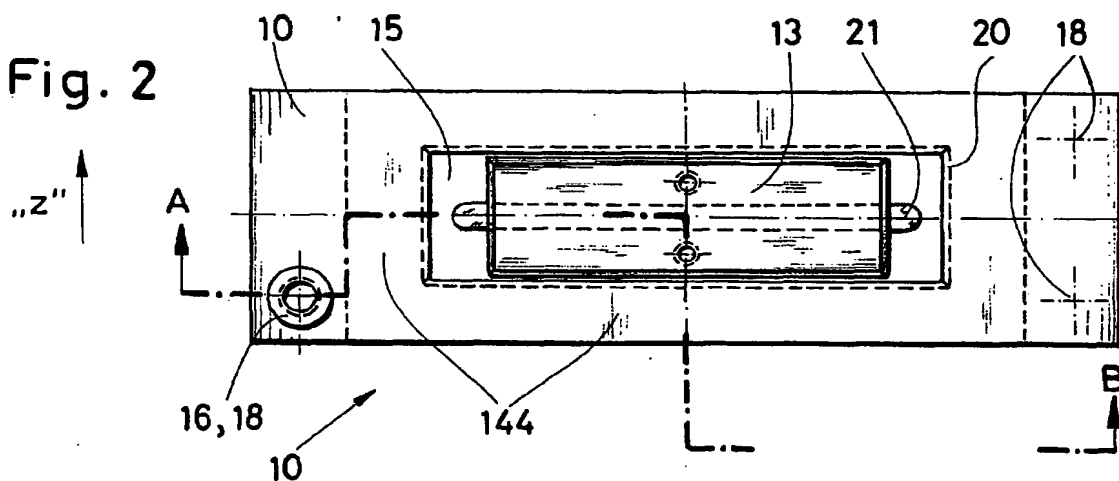
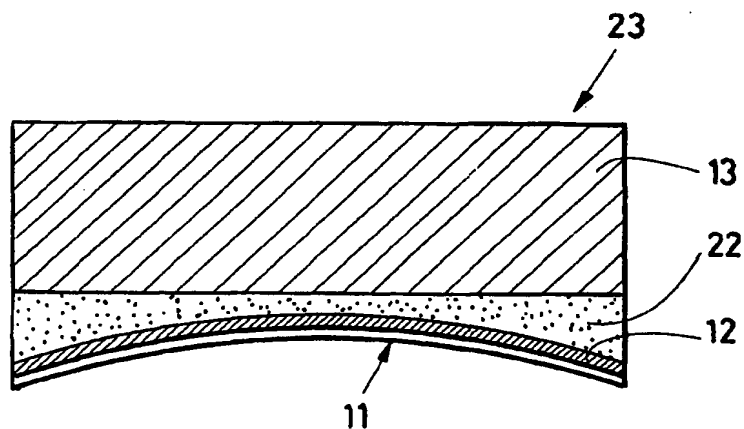
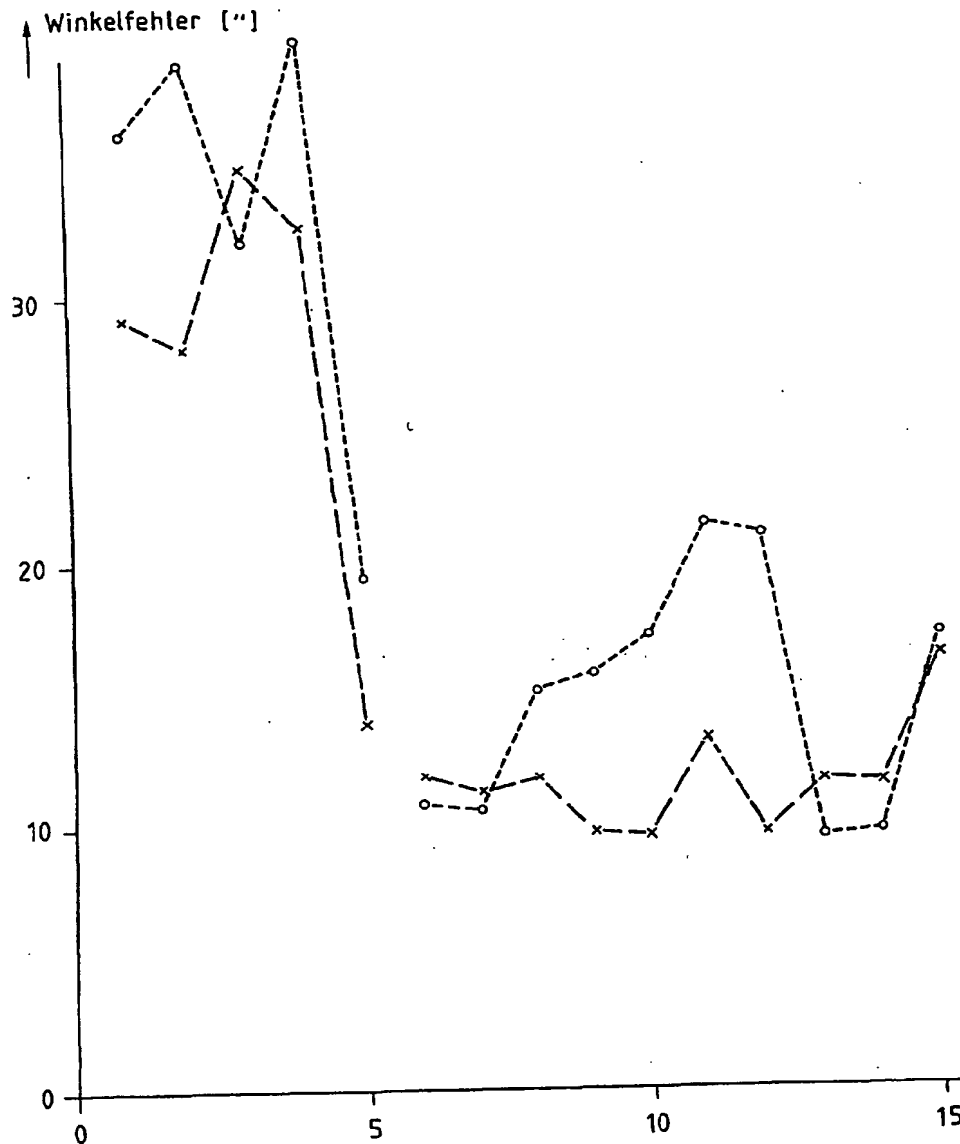


Fig. 3





Spiegelement Nr.

Spiegelement 1 bis 5 (nach der im Stand der Technik nach der  
sogen. Aufsprungmethode aufgebracht)

Spiegelement 6 bis 15 eingestellt mit der erfindungsgemäßen Ver-  
richtung.

o = normales Anspannen der Verbindungsmittel 16, 17

x = weiches Anspannen der Verbindungsmittel 16, 17 (nicht repro-  
duzierbar).